

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10123919 A

(43) Date of publication of application: 15 . 05 . 98

(51) Int. Cl

G03H 1/08
G02B 5/32

(21) Application number: 08277931

(71) Applicant: DAINIPPON PRINTING CO LTD

(22) Date of filing: 21 . 10 . 96

(72) Inventor: YOSHIKAWA HIROSHI
HAMANO TOMOTSUNE

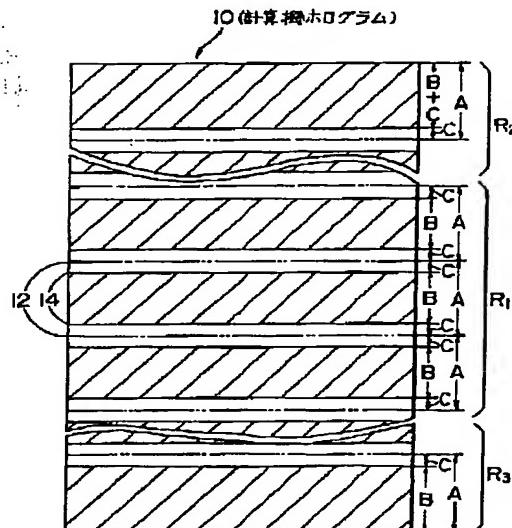
(54) COMPUTER-GENERATED HOLOGRAM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to appreciate a holographically reproduced image in a wide vertical range of visual field by enhancing a diffraction effect of light in the vertical direction to a computer-generated hologram recording interference fringes only in the horizontal direction.

SOLUTION: In the computer-generated hologram forming interference fringes in units of an element area 12 of width HA formed in an interference fringes forming area (computer-generated hologram) 10 composing a whole hologram with the area divided in a horizontal direction, a plotting area 14 of width B is formed at a distance C away from an adjacent element area inside of each element area 12, and each plotting area 14 is arrayed at regular intervals so that diffracted photon is formed by the whole hologram.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-123919

(43)公開日 平成10年(1998)5月15日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 3 H 1/08
G 0 2 B 5/32

識別記号

F I
G 0 3 H 1/08
G 0 2 B 5/32

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全12頁)

(21)出願番号 特願平8-277931

(22)出願日 平成8年(1996)10月21日

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 吉川 浩

東京都葛飾区東新小岩七丁目12番11号

(72)発明者 浜野 智恒

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

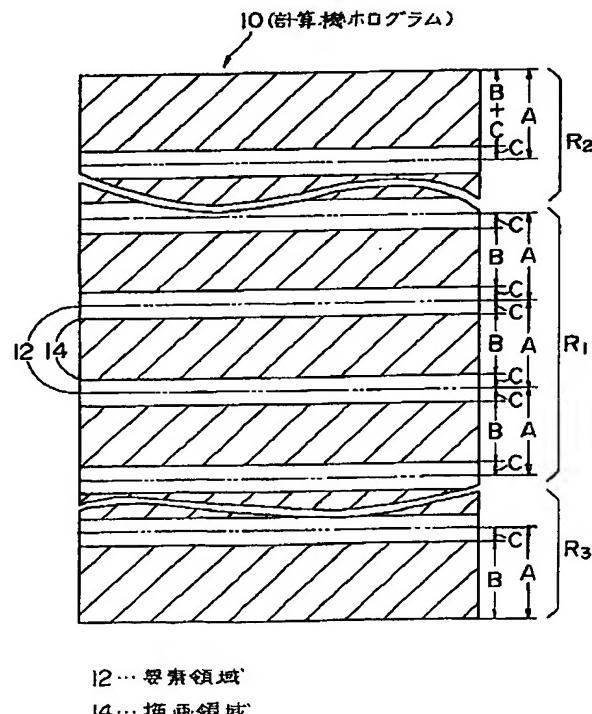
(74)代理人 弁理士 高矢 諭 (外2名)

(54)【発明の名称】 計算機ホログラム

(57)【要約】

【課題】 水平方向のみの干渉縞を記録する計算機ホログラムに対して光が垂直方向に回折する効果を高め、該ホログラムによる再生像を上下方向の広い視域範囲で観賞できるようにする。

【解決手段】 ホログラム全体を構成する干渉縞形成領域(計算機ホログラム)10に、同領域を水平方向に分割して形成される幅Aの要素領域12を単位に、干渉縞が形成されている計算機ホログラムにおいて、要素領域毎12の内側に、隣接する要素領域と間隔Cを隔てて幅Bの描画領域14を形成し、ホログラム全体で回折光子が構成されるように、各描画領域14を一定の間隔で配列する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ホログラム全体を構成する干渉縞形成領域に、同領域を水平方向に分割してなる描画領域を単位として、干渉縞が形成されている計算機ホログラムにおいて、

前記描画領域が、隣接する描画領域と離間して形成されていることを特徴とする計算機ホログラム。

【請求項2】請求項1において、

前記描画領域が、垂直方向に一方向性光学素子を構成する配列で形成されていることを特徴とする計算機ホログラム。

【請求項3】請求項2において、

一方向性光学素子が、回折格子又はフレネルゾーンプレートであることを特徴とする計算機ホログラム。

【請求項4】請求項3において、

フレネルゾーンプレートが、ホログラム全体を構成する干渉縞形成領域の中央部から上下両端それぞれに向って、描画領域の垂直方向の幅と離間間隔とを漸減させることにより形成されていることを特徴とする計算機ホログラム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、計算機ホログラム、特に、再生像を観賞するためのディスプレイ用ホログラムに適用して好適な計算機ホログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】物体の3次元情報を物体からの反射光である物体光と参照光との干渉現象を利用してフィルム等の物理的媒体に記録し、その記録媒体に参照光と同様の再生光を照射した際の光の回折現象を利用して物体像を再生表示する技術としてホログラフィがある。又、このような光の干渉現象を利用して物体の3次元情報を物理的媒体に記録したものをホログラムという。

【0003】又、ホログラムには、このように実際に光の干渉現象を利用して作成するもの以外に、計算機上で対象物に相当する対象物データを基に干渉縞をデジタルデータとして表わした干渉縞データを作成し、それを物理的な媒体に記録して作成する、いわゆる計算機ホログラムも知られている。

【0004】この計算機ホログラムは、図13に光学ホログラムを模した計算モデルを模式的に示すように、対象物表面からの反射光である物体光を、該表面上の○印で示す点光源（サンプル点）からの光と仮定し、平面的な拡がりを持つ各点光源からの物体光と、参照光との干渉縞を計算機上で求め、それを物理媒体上の各サンプル点（図には1点での干渉の様子のみを代表して示してある）に記録して計算機ホログラムが作成される。このようにして作成された計算機ホログラムは、図14に示すように再生光を照射すると、ホログラム上の各サンプル点からの光が瞳に入射するため、立体的な物体像として

観察できる。

【0005】上記のように、物体光を対象物上の平面的な拡がりのある点光源から媒体に入射されるとして、即ち水平方向にも垂直方向にも視差を持った像の再生を意図して計算機ホログラムを作成すると、このホログラムによってはどの方向にも立体的に拡がりのあるホログラム像を観察することができる。ところが、このように平面的な拡がりのある点光源からの物体光に基づく干渉縞データを計算機上で作成するには、演算量が膨大となる。

【0006】そこで、計算機ホログラムには、垂直方向のホログラム像の立体的な拡がりを犠牲にし、対象物の水平方向のみに視差を持った像の再生を意図して、図15に計算モデルを模式的に示すように、水平方向のみに相関を有する物体光を計算機上で仮想的に生成し、干渉領域の水平方向1ライン毎に干渉縞データを生成し、それを媒体上に1:1に対応させて1ライン毎に水平方向に記録して計算機ホログラムを作成することが行われている。

【0007】図16には、このようにして作成された計算機ホログラム（干渉縞形成領域）10と、その一部を拡大して模式的に示したもので、この拡大図には干渉縞の水平方向の形成単位である1ライン分の要素領域12と、その上下に位置する他の要素領域の一部が示してある。ここで言う干渉縞は、水平方向に並んだ、要素領域12の幅Aを長さとする縞幅Wからなる多数の短冊で構成される縞模様である。この幅Aとしては、例えば80μmを、縞幅Wとしては、例えば0.15μmを挙げることができる。

【0008】このように作成した計算機ホログラムは、もとより垂直方向の干渉を無視して作成してあるため、図17に示すように、再生光を照射して像を再現した場合、垂直方向には立体的な拡がりのある像は観察されないが、データ量を大幅に削減できるため、ホログラムデータの作成が容易であることから一般に利用されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記方法により作成された水平方向のみに視差を持った干渉縞データを、物理的媒体に記録した計算機ホログラムは、

40 光が垂直方向に回折する効果が弱いため、再生像を観察できる上下方向の視域角が狭く、観賞し難いという問題があった。

【0010】本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、水平方向のみの干渉縞を記録する計算機ホログラムに対して、光が垂直方向に回折する効果を高め、該ホログラムによる再生像を上下方向の広い視域範囲にわたって観賞することができる計算機ホログラムを提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、ホログラム全体を構成する干渉縞形成領域に、同領域を水平方向に分割してなる描画領域を単位として、干渉縞が形成されている計算機ホログラムにおいて、前記描画領域を、隣接する描画領域と離間して形成することにより、前記課題を解決したのである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0013】図1は、本発明に係る第1実施形態の計算機ホログラムの特徴を模式的に示す、要部拡大図である。なお、この図には、R1、R2、R3の符号をそれぞれ付した、計算機ホログラム（干渉縞形成領域）10の中央部、上端部及び下端部のみを拡大して示してあり、他は省略してある。

【0014】この計算機ホログラム10は、前記図16に示した従来のものと同様に、ホログラム全体を構成する物理的媒体上の干渉縞形成領域に、同領域を水平方向に分割して形成される幅Aの要素領域12を想定し、これを単位として、干渉縞が形成されているものである。

【0015】但し、この計算機ホログラム10では、互いに隣接する要素領域12との境界を二点鎖線で示したように、従来は実質上要素領域12と同一の幅Aで形成されていた干渉縞が、その内側の幅Bからなる描画領域14に形成（記録）されている。即ち、全ての要素領域12において、それぞれの内側に形成された描画領域14は、隣接する要素領域12と間隔Cだけ離間して形成され、ホログラム全体で垂直方向に一方向性光学素子である回折格子を構成する配列で形成されている。要するに、上下両端にそれぞれ位置するものを除き、全ての描画領域14が垂直方向に同一の幅Bで、且つ同一の間隔2Cで形成されている。

【0016】従って、図1に示した干渉縞形成領域10の中央部R1、上端部R2、下端部R3それにおける各要素領域12の幅A、描画領域14の幅Bはいずれも等しく、又、隣接する描画領域14との間隔2Cも等しく形成されている。

【0017】この計算機ホログラムを具体的に説明すると、上記要素領域12の幅Aを、例えば前記図16の従来例と同様に $80\mu m$ とすると、上下両端を除く描画領域14の垂直方向の幅Bを、例えば $79\mu m$ 、その隣接する要素領域14との間隔Cを $0.5\mu m$ とすることができます。又、この図には示していないが前記図16に示した縞模様の単位である縞幅Wは、前記と同様に、例えば $0.15\mu m$ で形成することができる。

【0018】このように、水平方向に同一の縞模様からなる干渉縞が、垂直方向の単位として形成される各描画領域14を上記寸法に配列させることにより、全体で回折格子が形成されたホログラム構造にできるため、図2に、その一部の断面図を模式的に示すように、平行光が

入射したとすると、垂直方向へ光を回折させ、拡散させる機能を計算機ホログラム10に付与することが可能となる。その結果、上記計算機ホログラム10を観察できる上下方向の視域角を広げることが可能となる。従つて、この計算機ホログラム10を用いることにより、広い視域範囲に亘って観賞し易いディスプレイ用ホログラムを提供することが可能となる。

【0019】なお、上記のように計算機ホログラム10自体を回折格子として機能させ、光を上下方向にある程度拡散させることができれば、特に描画領域14の幅B、描画領域14と隣接要素領域12との間隔Cは制限されないが、より鮮明なホログラム像を広い視域角で観察することができるようにするためには、例えば幅Bは $40\sim79\mu m$ 、間隔Cは $0.5\sim20\mu m$ が好ましい。その際、当然のこととして、要素領域の幅AはB+2Cである。

【0020】図3は、上記計算機ホログラムを作成する装置を示したブロック図である。この作成装置は計算機ホログラムのデータを作成するまでの各処理を行う機能（後に詳述する）を有する対象物データ作成部20、初期条件設定部22、要素領域設定部24、干渉縞データ計算部26、光学素子選定部28、干渉縞データ2値化部30及び干渉縞データ複写部32からなる計算機ホログラムデータ作成部を備えている。又、この作成装置は、作成された上記ホログラムデータを描画装置用データに変換するデータ変換部34と、変換後のデータを用いてホログラムを作成する描画装置36と、作成されたホログラムを原版として計算機ホログラムの製品化を行う後加工装置38とを備えている。

【0021】上記計算機ホログラムデータ作成部では、ホログラム全体の干渉縞データを記述する干渉縞計算領域に、同領域を水平方向に分割してなるデータ上の要素領域を単位として、対応する対象物データを基に計算される水平方向の干渉縞データを記述することにより計算機ホログラムのデータ作成が実行される。

【0022】これを、対象物データと干渉縞計算領域との関係を模式的に示した図4を用いて説明する。図4

(A)に示した対象物データは3次元の座標値で記述された物体データである。この対象物データを基に、同図

(B)に示したホログラム全体の干渉縞データを記述する干渉縞計算領域10Aに、計算機ホログラムデータを作成する場合は、同領域10Aを水平方向に分割して形成されるデータ上の要素領域12Aを単位として、これに対応する対象物データ（図中網掛で示した1ライン分に当り、これは従来の計算単位の1ライン分と同じ）を基に水平方向の干渉縞データを計算し、それを同要素領域12Aに記述する。同様の方法で、他の全ての要素領域12Aについて干渉縞データを求め、それを順に記述することにより、上記計算機ホログラムデータが作成される。

【0023】その際、以下に詳述するように、要素領域12A毎に、水平方向の代表ラインについて計算される干渉縞データを、垂直方向に指定される所定の範囲（ホログラム10の描画領域の幅Bに相当する）に亘って複写し、同範囲には同一の干渉縞データが形成さるようにする。

【0024】次に、図5に示すフローチャートに基づいて計算機ホログラムの作成工程を説明する。

【0025】まず、ステップ1において対象物データ作成部20を用いて、前記図4（A）に示したような対象物データを計算機上で作成する。この対象物データは、干渉縞データを計算する対象物を定義するデータであり、この対象物は任意の標本点数でサンプルされたデジタルデータであればよい。従って、対象物は文字、パターン、画像、平面、立体の如何を問わない。例えば、パーソナルコンピュータのモニタに表示された文字や画像を対象物として定義してもよく、3次元コンピュータ・グラフィックスを作成し、これを対象物と定義してもよい。従って、各サンプル点において値を持ったデジタルデータであればよいので、この作成部20としては市販の画像作成ツールを用いてもよい。

【0026】次に、ステップ2において、初期条件設定部22を用いて、計算機ホログラムデータ作成の初期条件として、対象物の領域と干渉縞計算領域とを設定す*

$$I(x, y) = |O(x, y) + R(x, y)|^2 \quad \dots (1)$$

【0031】又、上記物体光O(x, y)は、図6に示す対象物データ上のN個の各サンプル点（点光源）から合成波であるので、次の（2）式のように表わすこと※

$$\begin{aligned} O(x, y) &= \sum_{i=1}^N [(O_i / r_i)(x, y)] \\ &\times \exp(j k r_i(x, y) + j \phi_i) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

ここで、 O_i ：サンプル点*i*の物体光（点光源）の振幅
 $r_i(x, y)$ ：サンプル点*i*からの距離

k ：波数（ $2\pi/\lambda$ ）

ϕ_i ：サンプル点*i*の物体光（点光源）の初期位相

$$R(x, y) = R_0 \exp(j k x \sin(\theta) + j \phi_r) \quad \dots (3)$$

ここで、 R_0 ：振幅

θ ：参照光の入射角

ϕ_r ：初期位相

【0035】この実施形態では、前記図4で説明したように、上記図6に示した物体光は、同図のx-z平面においてのみ進行し、y方向には進行しない波として扱っている。従って、y方向の他の断面（x-z平面）との相關はなく、前述した如く、干渉縞はこの各断面毎に独立に、即ちyを固定して計算される。従って、干渉縞計算領域10Aは複数のストライプ状の領域である前記データ上の要素領域12Aに分割される。

*る。対象物の領域の設定は、前記図4（A）のデータで干渉縞の計算を行う座標範囲を指定することに、又、干渉縞計算領域の設定は、同図（B）の干渉縞計算領域10Aの大きさを指定することに当たる。

【0027】次に、ステップ3において、要素領域設定部24を用いて、上で設定した干渉縞計算領域10Aを水平方向に所定の数に分割する。分割数は、作成する計算機ホログラムのサイズ等により変更される。

【0028】次に、ステップ4において、干渉縞データ計算部26を用いて、上で決定したデータ上の要素領域12A毎に、その代表ライン、例えば中心ラインを干渉縞データ計算ラインとして、そのラインに相当する対象物データに基づいて1ライン分の干渉縞データを計算で求める。

【0029】この干渉縞データ計算部26で行う計算について、図6に示す計算モデルの断面図を参照しながら説明すると、前記図4（B）に示した干渉縞計算領域10Aのサンプル点（x, y）における干渉縞データI(x, y)は、同サンプル点（x, y）に到達した物体光O(x, y)と参照光R(x, y)により、次の（1）式で計算される。この式による計算は1ライン毎に、即ち、1回の計算の間はyを固定して行われる。

【0030】

※ができる。

【0032】

【数1】

★【0033】更に、この実施形態では、参照光として平行光を用いているため、これを（3）式のように表わすことができる。

★【0034】

【0036】図7には、干渉縞データを計算する基本単位である、対象物データの水平方向1ラインと、これに対応するデータ上の要素領域12Aとの関係を模式的に示す。図中、手前に位置する小さい正方形は対象物データの単位を示しており、該データ単位は、便宜上ここでは平面的に配列されているが、実際には前記図6に示した対象物データの場合と同様に、z方向に変化している3次元データである。

【0037】そして、物体光は上記データ単位の中心に○印で示した点光源からの光と仮定して計算する。即ち、水平方向に並ぶ対象物データの単位の各中心に位置

する点光源からの光の干渉により、後方に位置する計算機ホログラム10上の1つの要素領域12の中心ライン（代表ライン）上に干渉縞が生成するとして、そのデータが計算される。この計算で得られる1ライン分の干渉縞データを模式的に示したのが図8（A）である。

【0038】次に、ステップ5において、光学素子選定部28を用いて、光学素子の種類を選定する。ここでは、回折格子を選定したものとして説明する。この回折光子の場合は、データ上の要素領域12A毎に、その中心ラインについて得られた干渉縞データを複写してデータ上の描画領域14A（後述する図9を参照）を形成するための幅と、該描画領域14Aと隣接する要素領域12Aとの間隔をそれぞれ一定の値で設定する。

【0039】次のステップ6では、2値化部30を用いて、前記干渉縞計算部26で計算して得られた、上記図8（A）に示したような1ライン分の干渉縞データを、所定の閾値を設定して2値化し、同図（B）に示したようなバイナリデータとする。

【0040】次にステップ7において、データ複写部32を用いて、図9に前記図7と同一の大きさのデータ上の要素領域12Aを後方に、それを拡大した状態を手前にそれぞれ概念的に示したように、要素領域12A毎に、2値化された中心1ライン分の干渉縞データを、前記ステップ5で光学素子選定部28で設定した範囲（データ上の描画領域14Aの幅）だけ複写し、隣接する要素領域12Aとの間には、最終的なホログラム10で間隔Cとなるデータの空白領域12Bができるようになる。この図9では、中心1ライン分の干渉縞データを描画領域14Aの幅分だけ複写した状態を網掛で、データ空白領域12Bをその上下位置の白抜きで模式的に示してある。上記データ複写部32による複写処理により、回折格子機能が付与された前記図1に示した計算機ホログラム10に相当する、多数のデータ上の描画領域14Aと空白領域12Bとで構成される計算機ホログラムデータの作成が完了する。

【0041】なお、このステップ7で行う干渉縞データの複写は、代表ラインについて得られた1つの干渉縞データを、前記ステップ5で設定された幅に当る所定の範囲に亘って繰り返すことを意味する。具体的には、実際にそのデータを物理的に繰り返してもよく、又、そのデータについて繰り返し範囲をアドレス指定するよりもよい。

【0042】次に、ステップ8において、データ変換部34を用いて、上記データ複写部32より作成された計算機ホログラムデータが、計算機上のバイナリデータであるため、これを荷電粒子ビーム描画装置36を制御駆動するための描画装置用フォーマットのデータに変換し、それを描画データとする。図8（C）は、この描画データを模式的に示したものである。

【0043】次に、ステップ9において、描画装置36

を用いて、上記描画データを用いて装置を駆動し、荷電粒子ビームにより物理的媒体を描画し、計算機ホログラムを作成する。その結果、前記図1に示した計算機ホログラムが得られる。

【0044】この描画装置36としては、例えば日本電子株式会社製の電子ビーム描画装置を用いることができる。この描画装置36を、フォーマット変換した上記描画データで制御しながら駆動し、ガラス基板上に塗布されたレジスト膜（物理的媒体）に電子線ビームで描画して、レジスト膜を所定のパターンに硬化した後、未硬化部分を除去する現像を行うことにより、計算機ホログラムは完成する。このようにして作成された計算機ホログラム10には、前述した如く、要素領域12毎に同一パターンの描画領域14が等間隔で間欠的に形成されることになるが、そのパターンの水平方向の断面は前記図8（C）の描画データに相当する。

【0045】次に、ステップ10において、後加工装置38を用いて、以上のようにして作成された計算機ホログラムを原版として大量生産する場合の処理が行われる。具体的には、図10（A）に示すような、上記描画装置36により描画した後、現像して作成されたレジストからなる計算機ホログラムの表面に、蒸着法や無電解めっき法により導電性金属被膜を形成して同図（B）の状態にした後、該金属被膜を電極としてニッケル等の金属を厚くめっきし、同図（C）に示すような金属スタンパを作成する。その後、レジスト面から剥離した上記金属スタンパを用いて熱可塑性樹脂からなるフィルムを熱プレスするエンボス複製により、計算機ホログラム（エンボスホログラム）を量産する。

【0046】実際のプレス装置では、多面付けされたスタンパを用いて、フィルム原反（例えば、P E T／アクリル樹脂／アルミ蒸着によりなる多層構造のフィルム）に対して、プレスしてホログラムが作成される。

【0047】このようにして作成された計算機ホログラムに対しては、必要に応じてシール加工が施される。これは、粘着剤（例えば、塩化ビニル／酢酸ビニル共重合体を主成分とするもの）を、上記多層構造の場合はプレス後のアルミ蒸着面に塗布して、剥離紙（例えば、P E T）を張り付けることにある。

【0048】以上詳述した如く、この実施形態によれば、計算機によって作成される計算機ホログラム全体の干渉縞データに、これを媒体にホログラムとして記録した際に回折格子（一方向性光学素子）と同様に機能させるデータを混在させることができる。従って、このデータを荷電粒子ビーム描画装置を用いて2値パターンとして物理的媒体に描画することにより、垂直方向に回折効果の高い計算機ホログラムを作成することができる。

【0049】図11は、本発明に係る第2実施形態の計算機ホログラムの要部を模式的に示す、前記図1に相当する部分平面図である。

【0050】本実施形態の計算機プログラム10は、描画領域14が、ホログラム全体でフレネルゾーンプレート（一方向性光学素子）を構成するように配列されている以外は、前記第1実施形態の場合と実質的に同一である。

【0051】即ち、上記フレネルゾーンプレートは、図11に概念的に示したように、ホログラム全体を構成する干渉縞形成領域（計算機ホログラム）10の中央部R1の中心から上下両端Eu、Edそれぞれに向って、描画領域14の垂直方向の幅と離間間隔とを漸減させることにより形成されている。これを、更に理解し易いように、上記計算機ホログラム10の右下側部分を拡大してより具体的に示したのが図12である。

【0052】そして、この図12に示されるように、本実施形態の計算機ホログラム10は、前記第1実施形態と同様に、上記干渉縞形成領域10を所定幅Aで水平方向に分割してなる要素領域12を想定し、同一の要素領域12に含まれる2以上の描画領域14には同一の干渉縞を形成するようになっている。

【0053】このように、計算機ホログラム10の全体でフレネルゾーンプレートを構成する場合の描画領域14の幅と間隔について、上記図12に示すように、中心の要素領域12に対して上下対象であるとして下側を代表させて説明する。中心に位置する描画領域14-1の半幅がB1、これより間隔C1+C2を隔てて中心から2番目の描画領域14-2が幅B2+B3で形成され、これより間隔C3+C4を隔てて中心から3番目の描画領域14-3が幅B4+B5で形成されている如く、幅Bn-1+Bnの最下端の描画領域14-eまで、描画領域の幅と隣接間隔とが次第に減少するよう形成されて*30

* いる。

【0054】上記のように描画領域14によりフレネルゾーンプレートが構成された計算機ホログラム10とすることにより、白色光を照射して該ホログラムを観る場合、光の分散が少ないため、像のボケが少なく、それだけ鮮明な像を観賞することができる。

【0055】以下に、各描画領域の幅とその間隔（干渉縞が形成されない隙間領域）の寸法について詳述する。

【0056】ここでは、計算基準として各描画領域に破線で示した描画領域の基準位置（但し、中心から1番目の描画領域14-1の第1の基準位置は、その中心位置と同じ）と、各隙間に二点鎖線で示した隙間領域の基準位置と考える。

【0057】そして、上記第1の基準位置（中心位置）と、中心から数えて2番目の描画領域14-2の第2の基準位置との間の大きさをPとした場合、一般に描画領域の各基準位置は、中心から、0、P、 $(\sqrt{2})P$ 、 $(\sqrt{3})P$ 、 $(\sqrt{4})P$ 、 \dots $\{\sqrt{(n-2)}\}P$ 、 $\{\sqrt{(n-1)}\}P$ ($n=1, 2, 3, \dots$) で設定される。

【0058】又、描画しない隙間領域の各基準位置は、中心から $(1/\sqrt{2})P$ 、 $(\sqrt{3}/\sqrt{2})P$ 、 $(\sqrt{5}/\sqrt{2})P$ 、 $(\sqrt{7}/\sqrt{2})P$ 、 \dots $\{\sqrt{(2n-3)}/\sqrt{2}\}P$ 、 $\{\sqrt{(2n-1)}/\sqrt{2}\}P$ ($n=1, 2, 3, \dots$) で設定される。

【0059】そして、各描画領域（又は隙間領域）の基準位置と、これに隣接する隙間領域（又は描画領域）の基準位置との間を等分割する位置に、それぞれの境界を定める。即ち、B1～Bn及びC1～Cnは下記(4)～(8)の関係式で設定できる。

【0060】

$$B_1 = C_1$$

$$= \{ (1/\sqrt{2})P - 0 \} / 2 = (P/\sqrt{2}) (\sqrt{1}-0) \quad \dots (4)$$

$$B_2 = C_2$$

$$= \{ P - (1/\sqrt{2})P \} / 2 = (P/\sqrt{2}) (\sqrt{2}-\sqrt{1}) \quad \dots (5)$$

$$B_3 = C_3$$

$$= \{ (\sqrt{3}/\sqrt{2})P - P \} / 2 = (P/\sqrt{2}) (\sqrt{3}-\sqrt{2}) \quad \dots (6)$$

.

.

.

$$B_{n-1} = C_{n-1}$$

$$= [(\sqrt{(n-1)}/\sqrt{2})P - \{\sqrt{(n-2)}/\sqrt{2}\}P] / 2$$

$$= (P/\sqrt{2}) (\sqrt{n-1} - \sqrt{n-2}) \quad \dots (7)$$

$$B_n = C_n$$

$$= [(\sqrt{n}/\sqrt{2})P - \{\sqrt{(n-1)}/\sqrt{2}\}P] / 2$$

$$= (P/\sqrt{2}) (\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \quad \dots (8)$$

従って、例えば前記図12に示したように、 $A/2 = B_1 + C_1$ と定めると、 $B_1 = C_1 = P/\sqrt{2}$ なので、 $A/2 = P/\sqrt{2} + P/\sqrt{2} = P/\sqrt{2}$

$$\therefore P = (\sqrt{2}/2) A$$

となり、各Bn、Cnを要素領域の幅Aとの関係で具体

的に定めることができる。

【0061】本実施形態の計算機ホログラム10は、前記図5のフローチャートにおいて、その一部を以下のように変更するだけで、実質上前記第1実施形態の場合と同様に製造することができる。

【0062】即ち、ステップ5で光学素子の種類としてフレネルゾーンプレートを選択することにより、前述したように徐々に変化していく描画領域の幅と間隔（隙間領域）、例えば前記図12に示した2番目の要素領域12であれば、これに含まれる14-2～14-5の各描画領域は全て同一の干渉縞で形成されるため、C2、B2+B3、C3+C4、…B8+B9、C9の各寸法で、隙間領域、描画領域、隙間領域、…描画領域、隙間領域が順番に形成されるように、これらに相当するスペース、複写、スペース、…複写、スペースの各寸法を順に設定する。他の要素領域12についても、それに対応する干渉縞データを同様の方法でスペースと複写の各寸法の組合せで設定する。これらの設定は、前記計算式に基づいて予め作成されているデータに基づいて自動的に設定される。

【0063】又、ステップ7で、前記図9に示したと同様のデータ上の要素領域12Aに対して、全体として前記図12に斜線部で示したような配列でデータ上の描画領域が形成されるように、例えば中心から2番目の要素領域12Aの場合であれば、該要素領域12Aの中心1ライン分の干渉縞データを、中心の要素領域12からC2に相当する幅のスペースを隔てて幅B2+B3に相当する範囲に複写し、次いでC3+C4に相当する幅のスペースを隔てて幅B4+B5に相当する範囲に複写するように、前記ステップ5で設定した幅（寸法）に従つて順次複写とスペースを繰り返すことにより、この2番目の要素領域12Aについてデータ上の描画領域が作成される。

【0064】同様の操作が全ての要素領域12Aについて実行され、前記図12に斜線部で示した計算機ホログラム10の全体に相当するデータ上の描画領域の配列からなる計算機ホログラムデータが作成される。

【0065】上述したステップ5と7における操作以外は、前記第1実施形態と同様に実行する。

【0066】以上、本発明を具体的に説明したが、本発明は、前記実施の形態に示したものに限られるものなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0067】例えば、前記実施形態では、描画領域の幅とその配列間隔の寸法を具体例を挙げて示したが、この間隔等は回折効果により、上下方向にある程度光を拡散できればよいので、前記一方向性光学素子を構成する寸法に限らず、任意に変更可能である。

【0068】又、前記第1実施形態では、1つの要素領域12に1つの描画領域14が形成されている場合を示したが、描画領域14を2以上形成してもよい。この場合、前記図5に示したフローチャートのステップ7の複写作業は、同一の干渉縞データを同一の幅で複写すればよいので、容易に行うことができる。

【0069】又、前記第2実施形態では、フレネルゾーンプレートが、ホログラム全体を構成する干渉縞形成領

域の中央部から上下両端それぞれに向って、描画領域の垂直方向の幅と離間間隔とを漸減させることにより形成した場合を示したが、これに限らず逆に漸増させててもよい。

【0070】又、描画領域を一方向性光学素子を構成するように配列する範囲が計算機ホログラム全体の場合を示したが、これに限らず、例えば参照光が到達し難い上部や下部の所定範囲等の計算機ホログラムの一部であつてもよい。従つて、必ずしも全ての描画領域を離間せなくともよい。又、その方法も、例えば1つ又は2つ置き等のように、一部の描画領域を離間させるようにしてよい。

【0071】又、前記実施形態では、2値化部30がデータ複写部32の前に設けられ、干渉縞データの2値化を複写する前に実行する場合を示したが、逆に、2値化部をデータ複写部32の後方に設置し、干渉縞データを複写する作業が完了した後に2値化を行うようにしてもよい。但し、前記実施形態のように先に2値化する方が、処理を短時間で行うことができる。

20 【0072】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明によれば、水平方向のみの干渉縞を記録する計算機ホログラムに対して光が垂直方向に拡散する効果を高めることができるので、該ホログラムによる再生像を上下方向の広い視域範囲にわたって観賞することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1実施形態の計算機ホログラムを模式的に示す要部平面図

【図2】計算機ホログラムに形成された回折格子による作用を示す線図

【図3】計算機ホログラム作成装置の概略構成を示すブロック図

【図4】対象物データと干渉縞計算領域及び要素領域の関係を示す説明図

【図5】第1実施形態の作用を説明するフローチャート

【図6】干渉縞データの計算モデルを示す説明図

【図7】干渉縞データを計算する基本単位を示す説明図

【図8】干渉縞データ、バイナリデータ、描画データの関係を示す線図

【図9】要素領域の干渉縞データの作成の仕方を模式的に示す説明図

【図10】計算機ホログラムの量産化までの処理手順を示す説明図

【図11】本発明に係る第2実施形態の計算機ホログラムを模式的に示す要部平面図

【図12】図11の一部を拡大して示した平面図

【図13】光学ホログラムを模した計算モデルを示す説明図

【図14】図12の計算モデルと、再生光による像の再生を示す説明図

【図15】水平方向のみ相関を有する物体光を用いた計算モデルを示す説明図

【図16】図15の計算モデルを基に作成された計算機プログラムを模式的に示す説明図

【図17】図15の計算モデルと、再生光による像の再生を示す説明図

【符号の説明】

10…計算機プログラム

10A…干渉縞計算領域

12…要素領域

12A…データ上の要素領域

14…描画領域

* 14 A…データ上の描画領域

20…対象物データ作成部

22…初期条件設定部

24…要素領域設定部

26…干渉縞データ計算部

28…光学素子選定部

30…2値化部

32…データ複写部

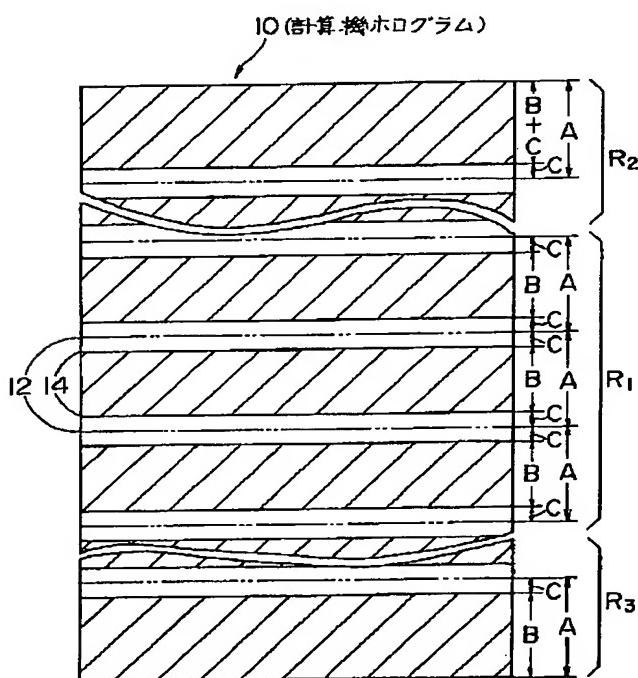
34…データ変換部

10 36…描画装置

38…後加工装置

*

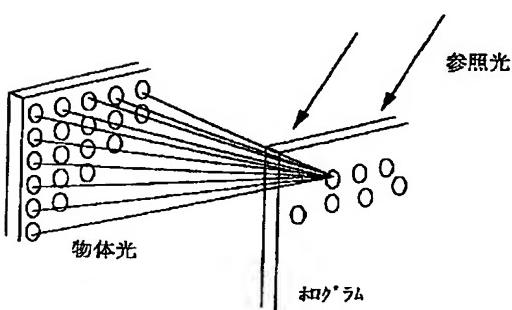
【図1】



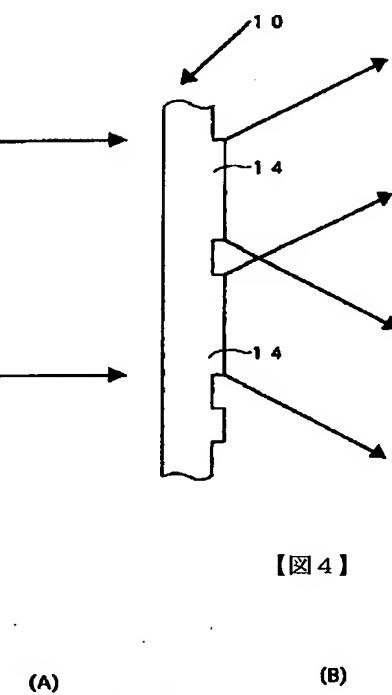
12…要素領域

14…描画領域

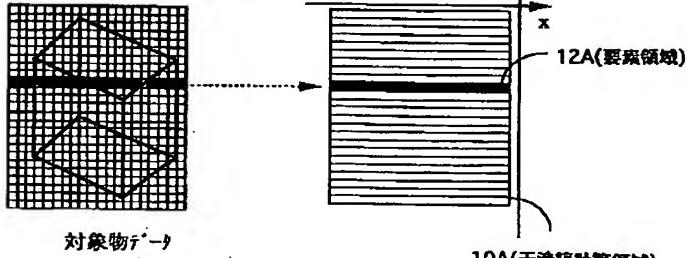
【図13】



【図2】

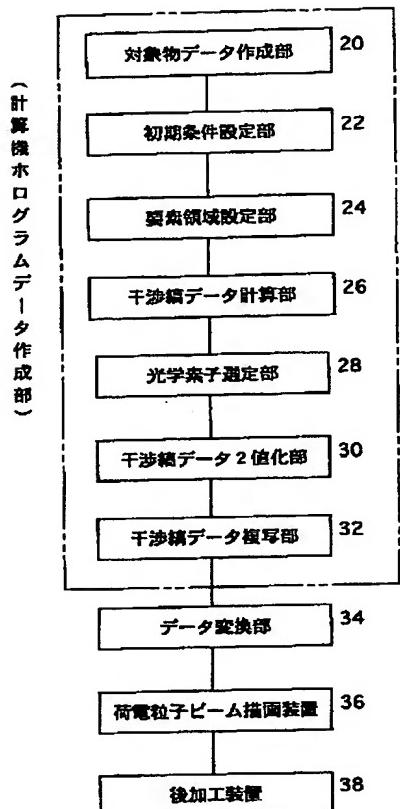


【図4】

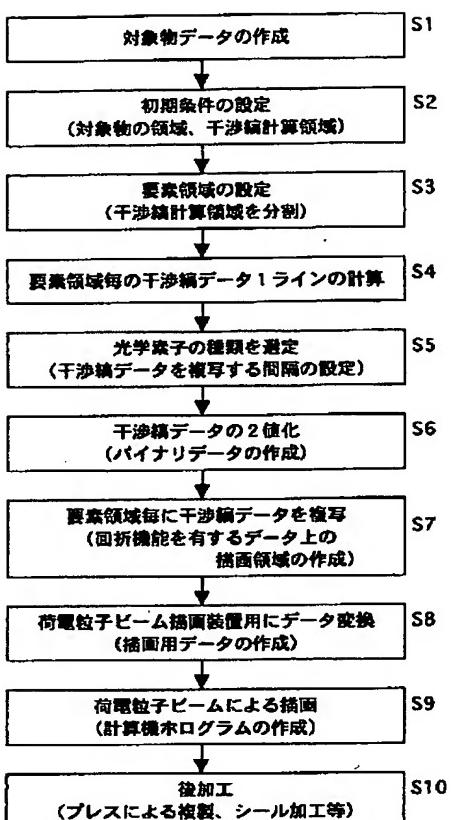


10A(データ上の要素領域)

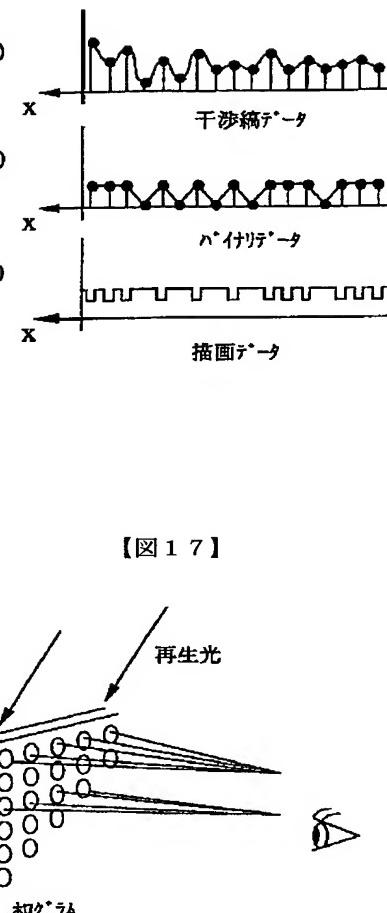
【図3】



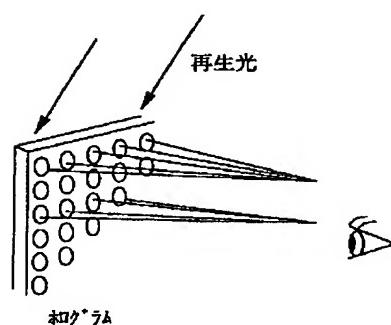
【図5】



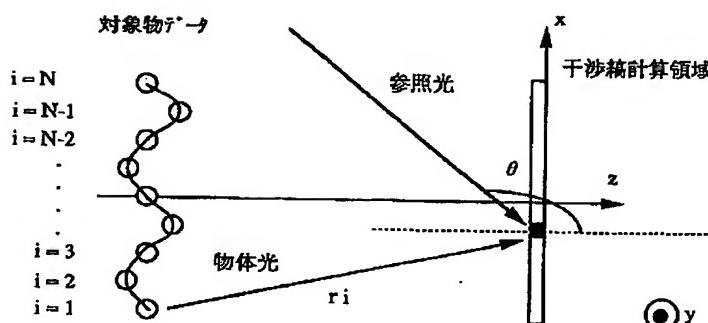
【図8】



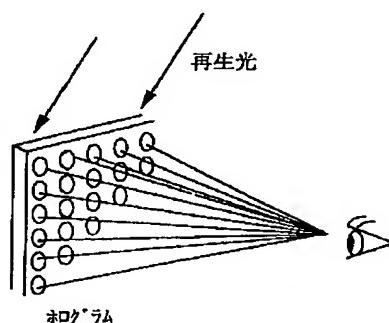
【図17】



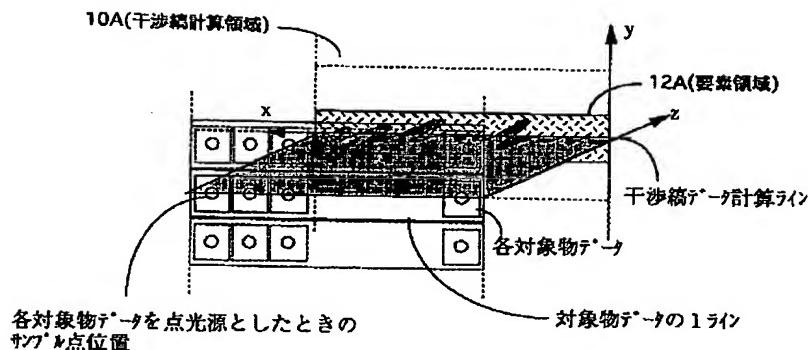
【図6】



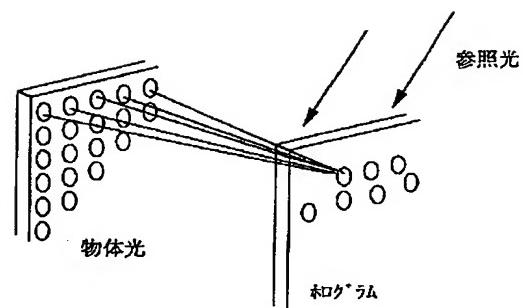
【図14】



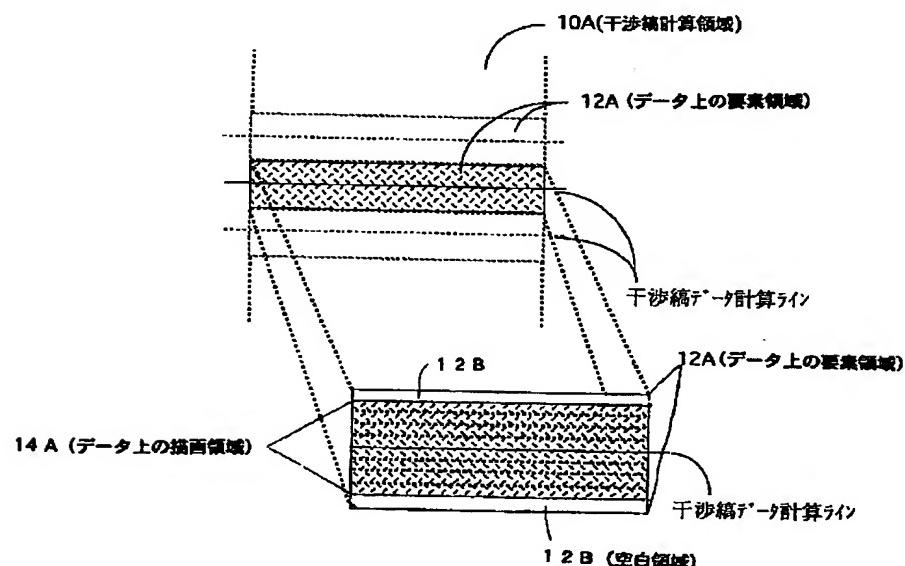
【図7】



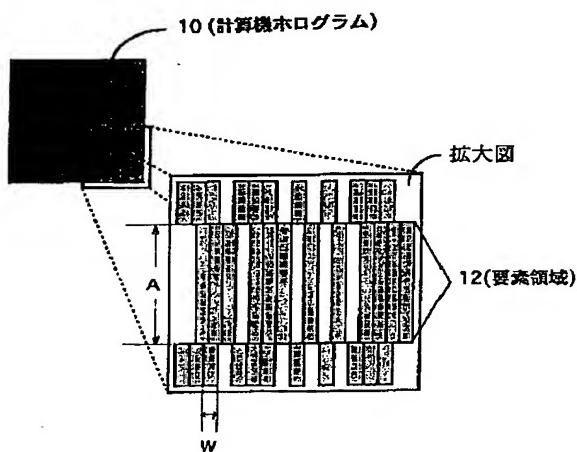
【図15】



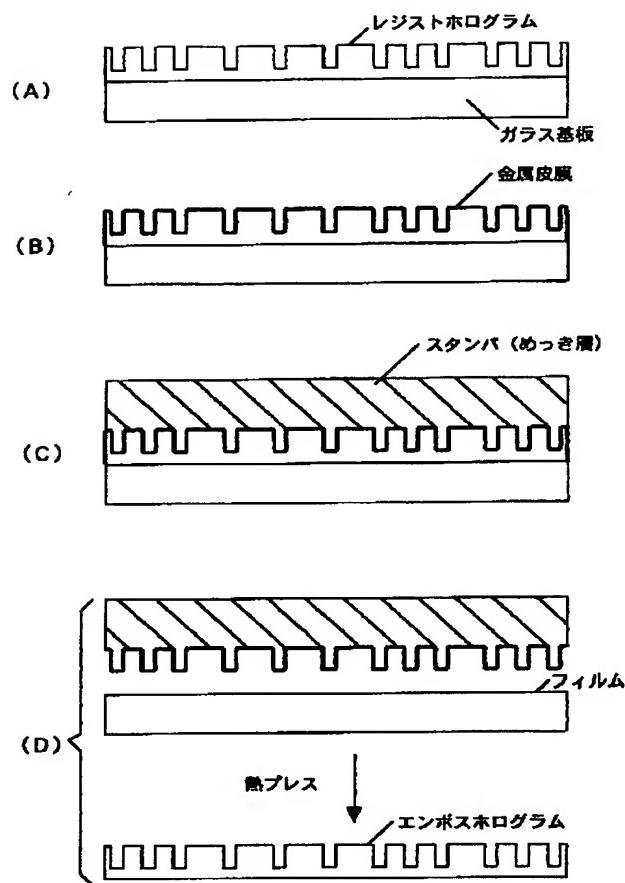
【図9】



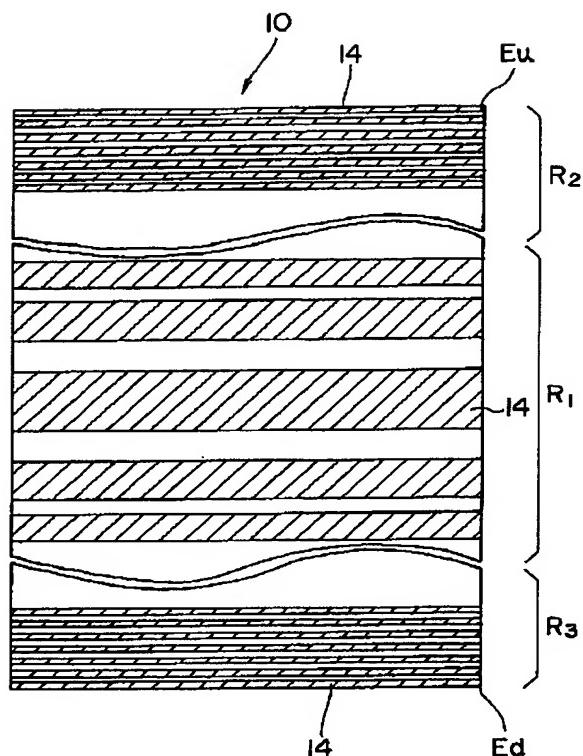
【図16】



【図10】



【図11】



【図12】

